

运动生物化学研究进展

Research Development on Exercise Biochemistry

(研究生用)

主 编

冯炜权 谢敏豪 王香生

冯连世 吴侔天 林文弢

北京体育大学出版社

策划编辑 熊西北
责任编辑 建 东
审稿编辑 熊西北
责任校对 冠 华 宏 伟
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

运动生物化学研究进展/冯炜权等主编. - 北京:北京
体育大学出版社,2006.7
ISBN 7-81100-411-9

I. 运… II. 冯… III. 运动生物化学-研究
IV. G804.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 014033 号

运动生物化学研究进展 冯炜权 等主编

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京海淀区中关村北大街
邮 编 100084
发 行 新华书店总店北京发行所经销
印 刷 北京市昌平阳坊精工印刷厂
开 本 850×1168 毫米 1/16
印 张 54.25
彩 插 8

2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 3500 册
定 价 130.00 元(平) 180.00 元(精)
(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

编写人员

主 编：冯炜权 北京体育大学运动人体科学院 教授、博士生导师
谢敏豪 北京体育大学运动人体科学院 博士、教授、博士生导师
王香生 香港中文大学体育运动科学系 博士、教授、博士生导师
冯连世 国家体育总局体育科学研究所 博士、研究员、博士生导师
吴侔天 国家体育总局运动医学研究所 博士、研究员、博士生导师
林文弢 广州体育学院 教授

编写人：(按姓氏汉语拼音排列)30人

艾 华 北京大学运动医学研究所 博士、研究员
曹建民 北京体育大学运动人体科学院 博士、副教授
常 波 沈阳体育学院 博士、副教授
陈启明 香港中文大学医学院 医学博士、讲座教授、博士生导师
陈亚军 香港中文大学体育运动科学系 博士
丁树哲 华东师范大学体育与健康学院 博士、教授、博士生导师
冯连世 国家体育总局体育科学研究所 博士、研究员、博士生导师
冯炜权 北京体育大学运动人体科学院 教授、博士生导师
关英凝 北京体育大学 副教授
胡 扬 北京体育大学运动人体科学院 博士、教授、博士生导师
梁国穗 香港中文大学医学院 医学博士、讲座教授、博士生导师
林文弢 广州体育学院 教授
吕红斌 中南大学湘雅医学院运动医学科 教授
秦 岭 香港中文大学医学院 博士、教授、博士生导师
盛 蕾 江苏省体育科学研究所 博士、研究员
王香生 香港中文大学体育运动科学系 博士、教授、博士生导师
翁锡全 广州体育学院 教授
巫苗苗 北京体育大学运动人体科学院 硕士
吴侔天 国家体育总局运动医学研究所 博士、研究员、博士生导师
武桂新 江苏省体育科学研究所 博士、副研究员
谢敏豪 北京体育大学运动人体科学院 博士、教授、博士生导师
徐晓阳 华南师范大学体育科学学院 博士、教授、博士生导师
许 纲 华东师范大学体育与健康学院 博士
杨 声 国家体育总局运动医学研究所 博士
杨则宜 国家体育总局运动医学研究所 研究员、博士生导师
叶展红 广州体育科学研究所 副研究员
衣雪洁 沈阳体育学院 博士、教授
张蕴琨 南京体育学院 教授
赵 鹏 国家体育总局体育科学研究所 博士
赵宁宁 北京体育大学运动人体科学院 硕士

前言

Preface

《运动生物化学研究进展》(研究生用)是我校“十·五”期间高等体育精品教材的立项项目。编写研究生用教材,是我多年来的愿望,但目前我已退休,又年已古稀,虽然我曾六次主编和编写出版了体院、体师的专科和本科《运动生物化学》教材,并曾多年讲授硕士生的《运动生物化学》和博士生的《高级运动生物化学》课程,2001年退休至今还客串博士生《高级运动生物化学》的教学,但要编写一本精品教材,感到心有余而力不足。运动人体科学院院长谢敏豪教授希望我牵头承担这项任务,当时的教务处主任张力为教授也支持我参加编写,在签订编写合同时,杨桦校长对我热情鼓励。在参与主编和编写各同仁的支持下,增强了我牵头主编好这本书的决心。

精品教材的要求很高,在本科教材基础上,要求做到“高起点,新内容和大体系”。高起点是指从国际国内最先进的理论、方法和技术出发;新内容是指在编写框架、编写形式等多方面反映前人成果,传达最新信息,体现时代精神。”(高等体育教育精品教材项目立项办法)运动生物化学是一门年轻的学科,近30年来发展很快;现在,运动生物化学的研究已深入到运动训练和全民健身的领域,在许多方面与运动人体科学中各相邻学科交叉,如解剖、运动生理、运动心理等,在编写时,除力求达到高起点和新内容的要求外,还可与相邻学科组成“大体系”,从而加深和加快本学科的发展,而又不重复相邻学科的内容。要达到这个编写要求,应做到:

一、组织当前我国在本学科学术水平高的专家编写

参加本书编写的专家,有体育院校和运动医学领域的专家、教授,他们大都是本学科中某一领域的学术带头人或专家,目前,他们都身负重任,有的是2008年北京奥运科技攻关的课题负责人;有些在教学管理中担负重要的行政职务;加上有香港中文大学医学院和体育运动科学系的同行专家、教授的积极支持,使我们能组成30人的编写队伍,其中有博士、博士生导师、教授和研究员等。他们在百忙中赐稿、并反复修改,他们的严谨学风,谦逊的学者风格,永远是我们的风范;对于协助导师编写的博士研究生,反映了年青一代的成长,他们是学科发展的未来。这都是使本书达到高起点、新内容和学科的“大体系”在质量上的保证。

二、力求全面达到精品教材的要求

要使本教材达到精品教材的要求,必须达到国内外精品教材的水平,如医学院

的面向 21 世纪课程教材《人体生理学》(第二版);普通高等教育“十五”国家规划教材《生物化学》(第 6 版)(北京市精品课程和教育部国家级精品课程的教材)和《生物化学》(第 3 版)(本科和硕士长学制教材);美国 Powers S. K.、Howley E. I. 编的 *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (2001 年第四版)。我国的精品教材中,对专业名词注释英语的做法在医学教材中得到肯定,有利于学生在专业课中学习英语并和国际接轨。本书的作者中有在国外学习过或取得博士学位者,有多年和国外进行学术交流的教授和研究员,他们具有很高的专业英语水平;也有具有长期体育外语教学和体育科学英文翻译工作经验,并参与编写英汉、俄汉体育词汇的专家参加本书的外语编审工作。为了达到通过教材,帮助研究生和国际接轨、交流,不断纳新、创新,提高自身的运动生化专业英语水平,尤其是对运动生化专业英语词汇的正确理解,这就需要有这方面的教材研究,故我们除在编制索引中对名词的注释要尽量准确外,从学科的发展和应用的需要出发,编写了“运动生物化学术语的翻译研究”一章,以供研究生参考。要完成这项繁重的创业性工作,除本书作者外,还有博士和硕士研究生参与,使本书在内容和应用上都达到精品教材的国内外水平。

本书共分六篇(35 章)和附录 1 章(第 36 章),基本上反映了本学科各领域的研究进展,不同作者都是编写该章目方面的专家,著文都反映了该方面的研究最新进展;文体和表达各有特色,但作为研究生教材,本学科和相邻学科的“大体系”特色内容对研究生提高本专业学术水平有长远裨益,故对这些内容不忍割爱,保留各专家的著文特色。在研究生教学中和研究生在学习时,可根据专业特点和研究方向而有所侧重或选用。由于本学科发展太快,在内容和理论上的某些新发展,还可能没有完全编入本书;存在不当和错误之处在所难免,衷心希望同仁和读者赐教。

本书的顺利完成,是各位作者认真撰稿;各位主编分头把关;冯炜权教授最后通读全书和选定本书索引;关英凝副教授翻译全书目录、审核全书专业名词的英译和加以补充修改,并对全书文字进行了润饰;王香生教授最后对全书的索引和英文目录精心审定,并带领他的博士研究生黄雅君和陈亚军对全书各章的英文参考文献进行了复核。所有这些,在质和量上都保证了本书的顺利完成。

最后,衷心感谢为本书出版付出辛勤劳动的全体老师和研究生们!由于我在牵头主编本书期间曾五次因病住院,推迟了交稿时间,完全是我的责任,在此深表歉意!

冯炜权 2005 年 11 月 19 日

目 录

绪 论.....	(1)
Introduction	
第一节 运动生物化学在运动人体科学中的地位	(1)
Section I Role of Exercise Biochemistry in Sports Science	
第二节 运动生物化学研究内容和展望	(2)
Section II Research Areas of Exercise Biochemistry and its Future Development	
一、身体化学组成的相互作用与运动能力的关系	(2)
Interaction of Chemical Components of the Body and its Relation to Exercise Capacity	
二、运动时代谢过程的相互关系及其调节	(3)
Interaction and Regulation of Metabolic Processes during Exercise	
三、提高运动能力和增强体质的生物化学基础	(4)
Biochemical Basis of Exercise Capacity Improvement and Fitness Promotion	
第三节 运动生物化学教学的发展	(5)
Section III Pedagogical Development of Exercise Biochemistry	
一、开设时期(1953 ~ 1957 年)	(5)
The Launching Period(1953 ~ 1957)	
二、发展时期(1958 ~ 1965 年)	(5)
The Developing Period(1958 ~ 1965)	
三、加强学科建设时期(1975 年 ~)	(6)
The Consolidating Period(1975 ~)	
第四节 运动生物化学学科的发展	(6)
Section IV Development of Exercise Biochemistry	
第五节 运动生物化学和其它学科的关系	(7)
Section V Relation between Exercise Biochemistry and Other Disciplines	
一、运动生物化学与体适能和健康	(7)
Relationship between Exercise Biochemistry and Physical Fitness & Health	
二、运动生物化学与运动训练	(7)
Relationship between Exercise Biochemistry and Exercise Training	
三、运动生物化学与运动人体科学中其他学科的关系	(8)
Relationship between Exercise Biochemistry and Other Areas in Sports Sciences	

第一篇 机体化学组成、代谢与运动能力的研究进展

Part One Research Development on Chemical Components, Metabolism and Exercise Capacity in Organism

第一章 运动与磷酸原代谢和能量供应特点	(13)
Chapter 1 Phosphagen Metabolism in Exercise and its Characteristics in Energy Supply	
第一节 磷酸原及其生化特点	(13)
Section I Phosphagen and its Biochemical Characteristics	
一、ATP 与 CP 的结构	(13)
Structure of ATP and CP	
二、ATP 与 CP 的生化特点及其功能	(15)
Biochemical Characteristics and Function of ATP and CP	
三、ATP 与 CP 的代谢	(17)
Metabolism of ATP and CP	
四、运动对 ATP 与 CP 含量的影响	(17)
Effects of Exercise on ATP and CP Contents	
第二节 磷酸原代谢	(18)
Section II Phosphagen Metabolism	
一、运动时 ATP 的代谢	(18)
Metabolism of ATP during Exercise	
二、运动时 CP 的代谢	(19)
Metabolism of CP during Exercise	
第三节 运动时磷酸原供能	(21)
Section III Phosphagen Energy Supply during Exercise	
一、磷酸原供能系统	(21)
Phosphagen Energy Supply System	
二、运动时磷酸原供能过程及其特点	(21)
Process and Characteristics of Phosphagen Energy Supply during Exercise	
三、运动时磷酸原供能的意义	(22)
Significance of Phosphagen Energy Supply during Exercise	
四、运动时磷酸原代谢动力学及其应用	(22)
Metabolic Kinetics and Application of Phosphagen during Exercise	
第四节 口服肌酸对运动能力的影响	(22)
Section IV Effects of Oral Creatine on Exercise Capacity	
一、肌酸及其代谢	(22)
Creatine and its Metabolism	
二、口服肌酸对人体运动能力的影响	(24)
Effects of Oral Creatine on Exercise Capacity	
三、肌酸影响运动能力的机制	(29)
Mechanism in Effects of Creatine on Exercise Capacity	

四、口服肌酸的副作用	(31)
Side Effects of Oral Creatine	
第二章 糖代谢与运动能力	(36)
Chapter 2 Carbohydrate Metabolism and Exercise Capacity	
第一节 糖的供能	(36)
Section I Carbohydrate as a Fuel for Exercise	
一、糖的生化作用	(36)
Biochemical Function of Carbohydrate	
二、糖的供能特点	(37)
Carbohydrate as a Primary Source of Energy	
第二节 运动与糖代谢研究进展	(40)
Section II Research Development on Exercise and Carbohydrate Metabolism	
一、安静时糖储量及其影响因素	(40)
Carbohydrate Reserves and its Influencing Factors at Rest	
二、运动与糖代谢	(41)
Exercise and Carbohydrate Metabolism	
三、运动时糖利用速率的调节	(46)
Regulation of Carbohydrate Utilization Rate during Exercise	
第三节 运动与补糖的研究进展	(48)
Section III Research Development on Carbohydrate Supplementation and Exercise	
一、糖原填充法	(49)
Carbohydrate-loading	
二、运动前补糖	(50)
Carbohydrate Feeding before Exercise	
三、运动中的糖补充	(53)
Carbohydrate Feeding during Exercise	
四、运动后补糖	(55)
Carbohydrate Feeding after Exercise	
五、小 结	(56)
Summary	
第四节 血糖指数及其在运动营养中的应用新进展	(58)
Section IV Development of Glycemic Index and its Application in Sports Nutrition	
一、测试方法及决定因素	(58)
Analytical Method and Influencing Factors	
二、GI 的准确度	(59)
Accuracy of Glycemic Index(GI)	
三、血糖指数在运动营养中的应用	(60)
Application of Glycemic Index in Sports Nutrition	

第三章 运动时脂类代谢与运动能力	(71)
Chapter 3 Lipid Metabolism and Exercise Capacity during Exercise	
第一节 运动中的脂肪供能	(71)
Section I Fat as a Fuel for Exercise	
一、运动中的脂肪供能	(71)
Fat as a Fuel for Exercise	
二、影响运动时脂肪供能的因素	(73)
Factors Affecting Fat Energy Supply during Exercise	
三、脂肪代谢与运动能力	(76)
Fat Metabolism and Exercise Capacity	
四、骨骼肌细胞内甘油三酯与运动	(77)
Intracellular Triglyceride in Skeletal Muscles and Exercise	
第二节 运动对脂代谢的影响	(81)
Section II Effects of Exercise on Lipid Metabolism	
一、运动对脂蛋白代谢的影响	(81)
Effects of Exercise on Lipoprotein Metabolism	
二、运动对脂肪代谢的影响	(82)
Effects of Exercise on Fat Metabolism	
第三节 补充脂肪代谢物与运动能力	(83)
Section III Fat Metabolite Supplementation and Exercise Capacity	
一、补充肉碱与运动能力	(83)
Carnitine Supplement and Exercise Capacity	
二、补充不饱和脂肪酸与运动能力	(83)
Unsaturated Fatty Acid Supplementation and Exercise Capacity	
第四章 运动与蛋白质及某些氨基酸的代谢特点	(87)
Chapter 4 Exercise and Metabolic Characteristics of Protein and Certain Amino Acids	
第一节 运动与蛋白质代谢	(87)
Section I Exercise and Protein Metabolism	
一、运动时蛋白质分解代谢的特点	(87)
Characteristics of Protein Catabolism during Exercise	
二、运动对蛋白质合成代谢的影响	(90)
Effects of Exercise on Protein Anabolism	
第二节 运动能力和相关的几个氨基酸	(95)
Section II Exercise Capacity and Relevant Amino Acids	
一、亮氨酸	(95)
Leucine	
二、谷氨酰胺	(97)
Glytamine	
三、色氨酸、支链氨基酸和神经递质	(101)
Tryptophane, Branched Chain Amino Acids and Neurotransmitter	

第五章 水和电解质	(105)
Chapter 5 Water and Electrolyte	
第一节 水代谢与运动	(105)
Section I Water Metabolism and Exercise	
一、水是身体的重要组成部分	(105)
Water as an Important Component of Human Body	
二、水的生物学作用	(106)
Biological Function of Water	
三、水平衡	(106)
Water Balance	
四、运动时的水代谢	(108)
Water Metabolism during Exercise	
第二节 电解质代谢和运动	(113)
Section II Electrolyte Metabolism and Exercise	
一、人体内的主要电解质	(113)
Electrolytes in Human Body	
二、运动时电解质代谢	(113)
Electrolyte Metabolism during Exercise	
第六章 酸性缓冲剂的研究进展及应用	(118)
Chapter 6 Research Development on Acid Buffer and its Application	
第一节 使用酸性缓冲剂的理论基础	(118)
Section I Theoretical Foundation of Acid Buffer Supplementation	
一、体内酸性物质的来源和酸性缓冲系统	(118)
Source of Acid Substance and Acid Buffer System	
二、运动性疲劳的原因之一:氢离子学说	(119)
Mechanism of Fatigue in Exercise Performance—the Hydrogen Ion Theory	
三、补充酸性缓冲剂的基本原理	(120)
Principles of Acid Buffer Supplementation	
四、补充酸性缓冲剂与运动供能系统	(120)
Acid Buffer Supplementation and Energy Supply System	
第二节 酸性缓冲剂的研究和使用	(121)
Section II Research on Acid Buffer and its Application	
一、碳酸氢钠	(121)
Sodium Bicarbonate	
二、柠檬酸钠	(125)
Sodium Citrate	
三、磷酸盐	(127)
Phosphate	
四、结 语	(129)
Summary	

第七章 运动和骨代谢	(136)
Chapter 7 Exercise and Bone Metabolism	
第一节 骨组织在细胞和器官水平上的组成、结构与功能	(136)
Section I Cellular and Organic Constitution, Structure and Functions of Osseous Tissues	
一、骨组织的一般结构	(136)
General Structure of Osseous Tissues	
二、骨组织的结构排列	(142)
Structural Arrangement of Osseous Tissues	
三、骨在器官水平上的形态结构	(143)
Morphological Structure of Bones	
第二节 骨的生长发育(塑建)和改建	(144)
Section II Modeling and Remodeling of Bones	
一、骨的生长发育(塑建)	(144)
Modeling and Remodeling of Bones	
二、骨的改建	(144)
Remodeling of Bones	
三、影响骨骼生长发育和改建的因素	(146)
Factors Affecting the Modeling and Remodeling of Skeleton	
第三节 骨矿内环境平衡与骨质疏松症	(147)
Section III Homeostasis Balance in Bone Minerals and Osteoporosis	
一、骨矿内环境平衡	(147)
Homeostasis in Bone Minerals	
二、骨质疏松症	(148)
Osteoporosis	
第四节 研究骨代谢的方法简介	(149)
Section IV Introduction to Research Methods in Bone Metabolism	
一、骨代谢生物化学指标	(149)
Biochemistry Indices of Bone Metabolism	
二、骨形态计量学	(151)
Bone Morphological Metrology	
三、骨质密度测量仪	(153)
Bone Densitometer	
四、骨生物力学特性检测	(157)
Evaluation of Biomechanical Characters of Bones	
第五节 体育运动与骨代谢	(164)
Section V Exercise and Bone Metabolism	
一、体育运动性机械力学刺激与骨骼适应性的机理	(165)
Exercise-induced Mechanical Stimulation and Mechanism of Bone Adaptation	
二、适量运动对骨骼的影响	(166)
Effects of Moderate Exercise on Bones	

三、过量或非生理性大运动量体育运动对骨骼的影响	(168)
Effects of Excessive or Non-physiological Strenuous Exercise on Bones	
四、废用或失重对骨的影响	(169)
Effects of Disuse or Weightlessness on Bones	
五、减体重与骨代谢	(170)
Weight Loss and Bone Metabolism	
六、运动促进骨折愈合与康复	(170)
Promotion of Exercise on Healing and Rehabilitation of Bone Fracture	
七、运动和药物或营养的配合应用	(170)
Integrated Application of Exercise and Medication or Nutrition	
八、骨的分子生物学和生化指标在体育运动与骨代谢关系中的研究及应用	(170)
Application of Molecular Biological and Biochemistry Indices of Bones in the Field of Exercise and Bone Metabolism	
九、用计算机技术模拟研究骨代谢	(172)
Simulated Study of Bone Metabolism by Computer Technique	
第八章 运动与铁代谢	(181)
Chapter 8 Exercise and Iron Metabolism	
第一节 生物体内的铁	(181)
Section I Iron in Organism	
一、铁的分布	(182)
Distribution of Iron	
二、铁的生物学功能	(183)
Biological Function of Iron	
三、生物体内铁的正常代谢	(186)
Normal Metabolism of Iron	
四、反映铁代谢状况的生化指标	(197)
Biochemical Markers for Iron Metabolism	
五、铁的毒性	(197)
Toxicity of Iron	
第二节 运动与铁代谢	(199)
Section II Exercise and Iron Metabolism	
一、运动对铁吸收的影响	(200)
Effects of Exercise on Iron Absorption	
二、运动对铁转运的影响	(201)
Effects of Exercise on Iron Transportation	
三、运动对铁贮备的影响	(202)
Effects of Exercise on Iron Reserves	
四、运动对铁排泄的影响	(204)
Effects of Exercise on Iron Excretion	

五、运动性贫血与铁代谢紊乱	(206)
Exercise-induced Anemia and its Metabolic Disorder	
第九章 维生素与运动能力	(211)
Chapter 9 Vitamin and Exercise Capacity	
第一节 概 述	(211)
Section I Preface	
一、维生素的分类	(211)
Classification of Vitamin	
二、维生素指标	(211)
Indexes of Vitamin	
三、运动员的维生素状态	(212)
Vitamin Status in Athletes	
第二节 维生素 A 与运动能力	(216)
Section II Vitamin A and Exercise Capacity	
一、功 能	(216)
Function of Vitamin A	
二、对运动能力的影响	(216)
Effects of Vitamin A on Exercise Capacity	
第三节 维生素 E 与运动能力	(217)
Section III Vitamin E and Exercise Capacity	
一、概 况	(217)
Introduction	
二、补充 VE 对血浆和骨骼肌 VE 的影响	(217)
Effects of Vitamin E Supplementation on Plasma and Skeletal Muscle	
三、补充 VE 在运动应激中的抗氧化作用	(218)
Antioxidation of Vitamin E Supplementation in Exercise Stress	
第四节 维生素 B ₁ 与运动能力	(222)
Section IV Vitamin B ₁ and Exercise Capacity	
一、概 况	(222)
Introduction	
二、与运动的关系	(223)
Vitamin B ₁ and Exercise	
第五节 维生素 B ₂ 与运动能力	(223)
Section V Vitamin B ₂ and Exercise Capacity	
一、概 况	(223)
Introduction	
二、与运动的关系	(224)
Vitamin B ₂ and Exercise	
第六节 维生素 B ₆ 与运动能力	(224)
Section VI Vitamin B ₆ and Exercise Capacity	

一、概 况	(224)
Introduction	
二、VB ₆ 与运动	(225)
VB ₆ and Exercise	
第七节 维生素 C 与运动能力	(225)
Section VII Vitamin C and Exercise Capacity	
一、概 况	(225)
Introduction	
二、VC 与运动	(225)
Vitamin C and Exercise	
第十章 运动与自由基代谢	(229)
Chapter 10 Exercise and Free Radical Metabolism	
第一节 自由基——从毒性分子到信号分子	(229)
Section I Free Radicals——from Toxic Molecules to Signaling Molecules	
一、活性氧(ROS)的生理功能	(230)
Physiological Functions of Reactive Oxygen Species(ROS)	
二、活性氮的生理功能	(230)
Physiological Functions of Reactive Nitrogen Species(RNS)	
第二节 自由基对骨骼肌收缩的调节	(231)
Section II Regulation of Free Radicals on Skeletal Muscle Contraction	
一、一氧化氮(NO)对骨骼肌收缩的调节	(231)
Regulation of Nitrogen Monoxide(NO) on Skeletal Muscle Contraction	
二、内源性 ROS 对骨骼肌收缩的调节	(232)
Regulation of Endogenous Reactive Oxygen Species(ROS) on Skeletal Muscle Contraction	
第三节 剧烈运动时机体的氧化应激	(233)
Section III Oxidative Stress during Strenuous Exercise	
一、急性运动与自由基的形成	(233)
Acute Exercise and Free Radicals Generation	
二、力竭运动对自由基的影响	(234)
Effects of Exhausting Exercise on Free Radicals	
三、力竭运动后自由基和线粒体的钙循环	(234)
Free Radicals and Calcium Cycle in Mitochondria After Exhausting Exercise	
四、有氧力竭运动与线粒体通透性转变孔道	(235)
Aerobic Exhausting Exercise and Mitochondrial Permeability Transition Pore(PTP)	
五、自由基与运动性疲劳	(236)
Free Radicals and Exercise-induced Fatigue	
六、自由基与肌肉损伤	(237)
Free Radicals and Muscle Injuries	
七、NO 在骨骼肌损伤及修复中的作用	(237)
Functions of NO in Skeletal Muscle Injuries and Rehabilitation	

第四节 长期有氧运动过程中机体的适应	(238)
Section IV Adaptation after Prolonged Aerobic Exercise	
一、长期有氧运动后机体氧还原状态的适应	(238)
Adaptation of Oxygen Reduction State after Prolonged Aerobic Exercise	
二、有氧运动训练与线粒体的生物发生	(239)
Aerobic Exercise Training and Mitochondrial Biogenesis	
三、有氧运动训练机体适应的细胞内调节	(242)
Intracellular Regulation of Adaptation to Aerobic Exercise Training	
第五节 机体的抗氧化系统	(243)
Section V Antioxidant System	
一、自由基清除	(243)
Clearance of Free Radicals	
二、抗氧化剂的补充	(244)
Antioxidants Supplementation	
第十一章 运动对结缔组织的生化影响	(250)
Chapter 11 Biochemical Effects of Exercise on Connective Tissues	
第一节 运动对肌腱的影响	(250)
Section I Effects of Exercise on Muscle Tendons	
一、肌腱的解剖与组织学及血液供应	(250)
Anatomy and Histology of Muscle Tendons and Blood Supply	
二、运动与肌腱愈合	(251)
Exercise and Healing of Muscle Tendons	
三、运动对肌腱的影响	(252)
Effects of Exercise on Muscle Tendons	
第二节 运动对韧带的影响	(252)
Section II Effects of Exercise on Ligaments	
一、韧带的组织学类型	(252)
Histological Types of Ligaments	
二、运动对韧带的影响	(254)
Effects of Exercise on Ligaments	
第三节 运动对关节软骨的影响	(256)
Section III Effects of Exercise on Articular Cartilages	
一、关节软骨的组织结构	(256)
Structure of Articular Cartilages	
二、关节软骨的营养	(259)
Nutrition of Articular Cartilages	
三、关节软骨厚度的测定和组织形态的观察	(260)
Measurement and Observation of Articular Cartilages Thickness and Structure	
四、运动对关节软骨的影响	(260)
Effects of Exercise on Articular Cartilages	

第二篇 运动的物质代谢调节研究进展

Part Two Research Development on Regulation of Metabolism during Exercise

第十二章 运动时代谢的酶调节.....	(267)
Chapter 12 Regulation of Metabolic Enzyme during Exercise	
第一节 运动时骨骼肌代谢酶调节的形式.....	(267)
Section I Regulation of Metabolic Enzyme in Skeletal Muscle during Exercise	
一、酶促反应的前馈和反馈	(268)
Feedforward and Feedback of Enzymatic Reaction	
二、能荷的调节——产能和需能反应的调节	(268)
Energy Charge Regulation—Regulation of Energy Production and Energy Requirement	
三、酶的共价修饰——磷酸化	(268)
Enzymatic Covalent Modification—Phosphorylation	
第二节 运动时骨骼肌糖代谢的酶调节.....	(268)
Section II Enzymatic Regulation of Carbohydrate Metabolism in Skeletal Muscle during Exercise	
一、糖原磷酸化酶的调节	(269)
Regulation of Glycogen Phosphorylase	
二、丙酮酸脱氢酶系的调节	(270)
Regulation of Pyruvate Dehydrogenase System	
三、乳酸脱氢酶	(271)
Lactate Dehydrogenase(LDH)	
四、磷酸果糖激酶	(273)
Phosphofructokinase(PFK)	
第三节 运动时骨骼肌脂肪代谢的酶调节.....	(274)
Section III Enzymatic Regulation of Lipid Metabolism in Skeletal Muscle during Exercise	
一、脂肪酸向肌肉转运的调节	(275)
Regulation of Fatty Acid Transportation in Muscles	
二、激素敏感性脂肪酶的调节	(277)
Regulation of Hormone-sensitive Lipase	
三、脂肪酸向线粒体的转移	(277)
Transfer of Fatty Acid to Mitochondria	
四、乙酰辅酶 A 羧化酶活性的调节	(278)
Regulation of Acetyl-CoA Carboxylase(ACC) Activity	
五、运动中糖和脂肪代谢的相互调节——对葡萄糖—脂肪酸循环的再认识	(279)
Interaction of Carbohydrate and Lipid Metabolism in Exercise—Recognition of Glucose-fatty acid Cycle	
第四节 运动时骨骼肌氨基酸代谢的酶调节.....	(281)
Section IV Enzymatic Regulation of Amino Acid Metabolism in Skeletal Muscles during Exercise	

一、支链氨基酸分解的酶调节	(281)
Enzymatic Regulation of Branched Chain Amino Acids Decomposition	
二、耐力训练对氨基酸代谢调节的影响	(282)
Effects of Endurance Training on Regulation of Amino Acids Metabolism	
第五节 AMPK 在糖和酯代谢中的调节作用	(283)
Section V Regulation of Adenosine Monophosphate-activated Protein Kinase in Carbohydrate and Lipid Metabolism	
一、AMPK 的概况	(283)
Survey of AMP-activated Protein Kinase	
二、AMPK 在骨骼肌糖原代谢中的调节作用	(283)
Regulation of AMPK on Glycogen Metabolism in Skeletal Muscles	
三、AMPK 对肌肉脂代谢的调节作用	(284)
Regulation of AMPK on Muscle Lipid Metabolism	
六、运动对 AMPK 基因表达的影响	(286)
Effects of Exercise on AMPK Gene Expression	
第十三章 运动的内分泌调节	(290)
Chapter 13 Hormonal Regulation in Exercise	
第一节 内分泌系统概述	(290)
Section I Preface	
一、激素分类与作用原理	(290)
Principles and Classification of Hormone	
二、激素分泌的生理调节	(291)
Physiological Regulation of Hormone Secretion	
第二节 运动对内分泌系统的影响	(292)
Section II Effects of Exercise on Endocrine System	
一、运动应激对血激素水平的影响	(292)
Effects of Exercise Stress on Blood Hormone Concentration	
二、运动训练对血激素的影响	(293)
Effects of Exercise Training on Blood Hormone	
第三节 运动对睾酮分泌调控的影响	(294)
Section III Effects of Exercise on Testosterone Secretion Control	
一、影响睾酮生成的主要环节	(294)
Factors Influencing Testosterone Production	
二、运动影响睾酮生成的研究	(299)
Research on Effects of Exercise on Testosterone Production	
第十四章 运动时中枢神经递质的代谢调节	(304)
Chapter 14 Central Nervous Transmitter and Metabolic Regulation during Exercise	
第一节 中枢单胺类神经递质与运动能力	(305)
Section I Central Monoamine Neurotransmitter and Exercise Capacity	